

La technologie du GPS en agriculture

FICHE TECHNIQUE – PUBLICATION VU 042
2000

NOTE : Certaines informations contenues dans cette fiche sont issues d'un projet du Programme d'aide à l'innovation technologique de l'Entente auxiliaire Canada-Québec pour un environnement durable en agriculture.

CONTEXTE

De toutes les nouvelles technologies ayant vu le jour au cours des dernières années, celle du GPS compte certainement parmi les technologies ayant le plus contribué au développement de l'agriculture de précision et de la géomatique agricole.

Qu'il soit tenu en main, monté sur un avion, un navire ou à bord d'un tracteur, le GPS fournit des coordonnées (latitude, longitude, altitude) utilisées dans toutes sortes d'applications. En agriculture de précision, ces coordonnées sont employées en complément à une foule d'autres mesures telles les propriétés physiques et chimiques du sol, l'humidité, la texture du sol, la conductivité électrique (VIRIS), la microtopographie, l'égouttement, les données de rendement et la mesure de chlorophylle des plantes (N-sensor). Elles permettent de cartographier toutes les informations spatiales. En les superposant, il devient facile de faire ressortir la variabilité des champs et d'identifier les zones homogènes ou à problèmes.

Comme l'agriculture de précision a pour but de gérer les variations de la qualité du sol afin d'optimiser les rendements et l'utilisation des intrants, le GPS est devenu dans ce domaine un outil essentiel.

AVANTAGES DU GPS EN AGRICULTURE

Les avantages associés à l'utilisation du GPS sont nombreux :

- celui-ci procure une meilleure connaissance de la variabilité spatiale des champs;
- il facilite la cartographie d'un plan de ferme;
- il aide à cartographier les rendements, la fertilité et la texture des sols ainsi que le relief des champs;
- il contribue à identifier les différents paramètres de productivité, d'en mesurer l'importance et d'apporter les correctifs nécessaires en vue d'uniformiser les rendements;
- il permet d'effectuer des applications à taux variables et de réaliser des travaux d'aménagement ponctuel dans la parcelle, ce qui contribue à diminuer les coûts de production et les risques de pollution;
- il constitue un excellent investissement pour des résultats à moyen et long termes.

QU'EST-CE QUE LE GPS?

L'abréviation GPS vient du terme anglais *Global Positioning System*. C'est un système de positionnement à l'aide de satellites. Conçu principalement à des fins militaires par le Département de la défense des États-Unis en 1973, il est aujourd'hui utilisé par plusieurs millions de personnes à travers le monde. Actuellement, 27 satellites sont opérationnels. Ils sont répartis sur six plans orbitaux à plus de 20 000 km au-dessus de la surface terrestre (figure 1).

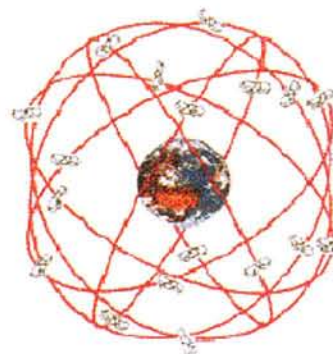


Figure 1 : Constellation des satellites GPS

FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME GPS

Le système GPS comprend trois composantes principales : les satellites, les stations de poursuite au sol et le récepteur (figure 2).



La composante spatiale : Ce sont les 27 satellites en orbite autour de la Terre. Les satellites envoient des signaux en tout temps vers la Terre. Ces signaux contiennent aussi de l'information sur la position des satellites dans l'espace.



La composante de contrôle : Elle comprend les cinq stations de poursuite au sol. Les stations de poursuite s'assurent de l'état de santé des satellites. Leur fonction principale est de prédire la position des satellites sur leur orbite.



La composante « usager » : Ce sont les récepteurs. Un récepteur capte les signaux provenant des satellites, puis calcule sa position à partir de ceux-ci. Il affiche sa position sous forme de coordonnées.

Figure 2 : Les trois composantes du système GPS

Le récepteur permet à l'utilisateur de capter les signaux des satellites et de calculer sa position géographique. La configuration des satellites dans le ciel est telle que de quatre à neuf satellites sont « visibles » par le récepteur en tout temps. Un satellite est dit visible s'il est situé au-dessus de l'horizon.

Le nombre de signaux satellites captés par le récepteur et la distribution des satellites dans le ciel peuvent affecter la précision du positionnement. Plus on capte de signaux, meilleure sera la précision du positionnement. À priori, un minimum de quatre satellites est nécessaire au récepteur pour calculer une position en trois dimensions suivant la longitude, la latitude et l'altitude. L'une des contraintes du système GPS provient du fait que les signaux des satellites ne traversent pas la Terre ni les matériaux tels que le métal, le béton ou même le feuillage, s'il est dense. Par exemple, si l'utilisateur se trouve en forêt ou près d'un bâtiment, il se peut qu'il ne reçoive pas les signaux de certains satellites. Dans la figure 3, seul le signal du satellite B est capté. Donc, seul le satellite B est dit visible.

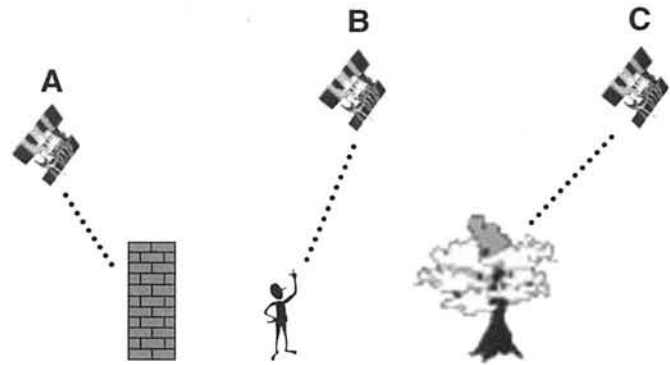


Figure 3 : Effet des obstructions sur la visibilité des satellites

En plus de se trouver en nombre suffisant, les satellites doivent être bien distribués dans le ciel. La géométrie des satellites est exprimée, sur le récepteur, par la dégradation de précision DOP (*Dilution Of Precision*). Un facteur DOP bas (par exemple, de 1 à 3) indique que les satellites captés sont bien répartis dans le ciel. Donc, l'obtention d'une bonne précision sur le positionnement sera possible. Un facteur DOP élevé (par exemple, de 6 et plus) témoigne d'une mauvaise distribution des satellites dans le ciel. Dans ce dernier cas, il vaudra mieux attendre que la géométrie des satellites change.

MÉTHODES DE POSITIONNEMENT PAR GPS

Il existe deux modes de positionnement par GPS : le positionnement absolu et le positionnement relatif. Dans le premier cas, un seul récepteur est utilisé. En mode relatif, le positionnement est effectué simultanément à l'aide de deux récepteurs. Le tableau 1 résume les principales méthodes de positionnement par GPS.

Le message GPS capté par le récepteur contient plusieurs erreurs. Si le signal n'est pas corrigé, ces erreurs causent une imprécision d'environ 100 m sur le positionnement. Des corrections sont donc requises pour les modes 2, 3, 4 et 5. Ces corrections peuvent être appliquées en temps réel ou en post-traitement.

Comment se procurer les corrections?

- 1) **Mode DGPS (Differential GPS) :** La Garde côtière canadienne (GCC) émet gratuitement les corrections GPS le long du fleuve Saint-Laurent. On peut les recevoir en temps réel jusqu'à 250 km des côtes. L'achat d'un démodulateur permettant de lire le signal est nécessaire.

Tableau 1 : Principales méthodes de positionnement par GPS

#	Mode	Caractéristiques	Coût du matériel* (\$)		Délai d'obtention des résultats	Précision
1	Absolu	1 seul récepteur	300		Temps réel	± 100 m
2	Relatif DGPS¹	1 récepteur + 1 démodulateur	1 000 (système complet)		Temps réel	1 à 5 m
3	Relatif WADGPS	1 récepteur + 1 démodulateur	3 500 (démodulateur) + 15 000 (récepteur et logiciel)	1 500/an (abonnement)	Temps réel	1 à 5 m
4	Absolu (orbites précises)	1 récepteur	300 (système complet)	10/jour (orbites précises)	Post-traitement	1 à 5 m
5	Relatif post-traitement	1 récepteur	300 (récepteur) 10 000 (récepteur)	1 000/an (observations de référence)	Post-traitement	1 à 5 m quelques millimètres

* Les prix sont fournis à titre indicatif en dollars canadiens. Ils correspondent aux prix de 1999 et peuvent nécessiter des ajustements.

1. Données fournies par la Garde côtière canadienne (GCC).

- 2) **Mode WADGPS (Wide Area Differential GPS)** : Le principe de ce mode est le même que celui du DGPS. Cependant, les corrections sont émises en temps réel par un satellite géostationnaire. Un abonnement annuel est nécessaire et l'achat d'un démodulateur et d'un récepteur spéciaux s'impose.
- 3) **Mode relatif en post-traitement** : Les mesures effectuées au champ sont comparées avec des observations GPS recueillies simultanément par une station de référence. Ces données de référence peuvent être achetées auprès d'un fournisseur de la station (compagnie privée). Elles sont normalement disponibles, sur Internet notamment, la journée suivant la prise des mesures.
- 4) **Mode absolu avec orbites précises** : Ce mode requiert l'achat d'orbites précises qui donnent des corrections sur la position des satellites. Ces corrections sont fournies par la Division des levées géodésiques de Géomatique Canada, quelques jours suivant l'échantillonnage.

Pour la localisation des variations de rendement dans une parcelle ou pour l'élaboration d'un modèle numérique de terrain (MNT), il n'est pas nécessaire d'avoir un résultat en temps réel. Le mode **absolu post-traitement** convient très bien. Des précisions de **1 à 5 m**, ou de **quelques millimètres**, peuvent être obtenues selon le type de récepteur utilisé. La figure 4 illustre deux types de récepteurs et leur précision respective.



Récepteur de base
Précision : 1 à 5 m
Prix : environ 300 \$



Récepteur géodésique
Précision : quelques mm
Prix : environ 10 000 \$

Figure 4 : Deux types de récepteurs GPS

Quelle méthode choisir en agriculture de précision?

Le mode de positionnement idéal est choisi en fonction de plusieurs critères : la précision recherchée, les coûts rattachés aux opérations et le délai pour obtenir les résultats. Pour une précision de **1 à 5 m**, il est recommandé d'utiliser le mode **DGPS**, car il est peu dispendieux et il fournit un résultat en temps réel. À moins de 250 km des rives du fleuve Saint-Laurent, on utilise les corrections émises par la Garde côtière canadienne. Au-delà de cette limite, les signaux contenant les corrections deviennent imperceptibles. Les corrections du satellite géostationnaire du système **WADGPS** doivent alors être utilisées.

EXEMPLES D'UTILISATION DU GPS

Voici quelques exemples d'application du GPS en agriculture de précision. Le premier porte sur la localisation des variations de rendement dans une parcelle et le dosage localisé des intrants. Le second illustre l'avantage du GPS dans l'élaboration d'un modèle numérique de terrain. Le troisième exemple montre comment la technologie du GPS permet de poser des diagnostics, de cartographier la fertilité des sols et d'en faire le suivi.

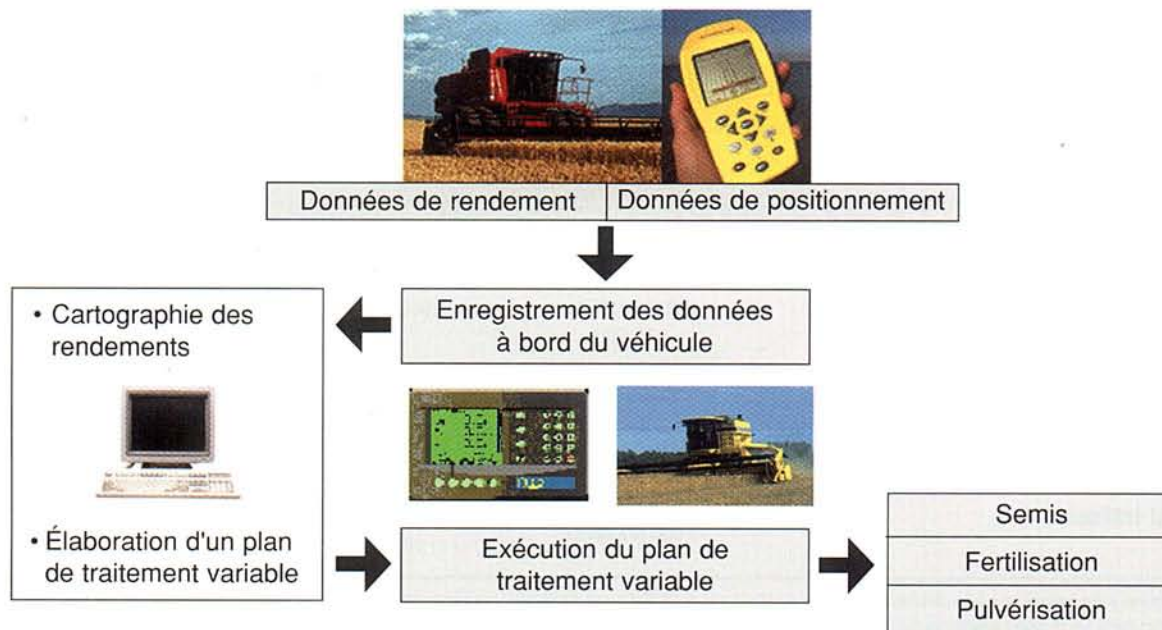


Figure 5 : Étapes décrivant le traitement variable d'une parcelle

1 Localisation des variations de rendement dans une parcelle et épandage localisé

La figure 5 présente les différentes étapes reliées à la localisation et à l'application d'intrants sur une parcelle à rendements variables.

1) On fait appel au GPS pour localiser les échantillons de sol dans un champ. Suivant un itinéraire prédéterminé, les échantillons sont prélevés dans la couche arable (0-20 cm) à intervalles réguliers (par exemple, un échantillon par ha). Leur position est enregistrée à bord du véhicule. Dans cette partie du traitement, on peut utiliser soit le mode **absolu post-traitement**, soit le mode **DGPS** ou le **WADGPS**. La solution en temps réel n'est cependant pas nécessaire. La figure 6 présente la distribution spatiale du phosphore obtenu lors d'un échantillonnage de sol effectué dans deux champs adjacents.

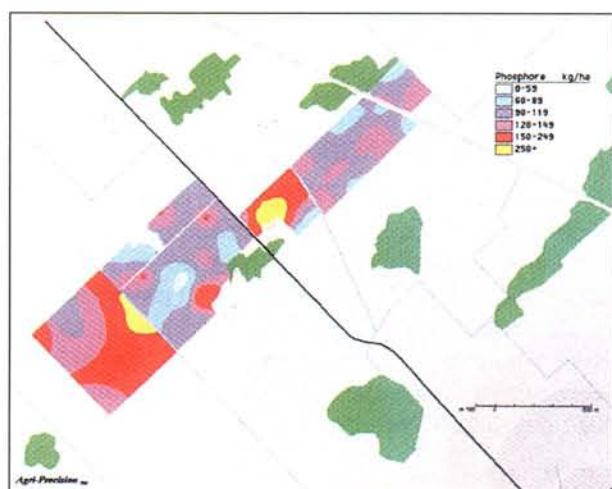


Figure 6 : Cartographie du phosphore (kg/ha)

2) Utilisant un logiciel de répartition spatiale des intrants, un plan de dosage à taux variable est confectionné à partir des données acquises lors de l'échantillonnage et selon les analyses de laboratoire.

3) On se sert ensuite du GPS pour relocaliser les échantillons afin d'y appliquer la dose d'intrants correspondante. Le GPS envoie les données de positionnement à l'ordinateur de bord du véhicule utilisé. Celui-ci les transmet soit à un régulateur de vitesse, qui permet de contrôler les doses appliquées, soit à un régulateur du débit d'intrants. Le processus se fait automatiquement et peut être interrompu à tout moment. Contrairement à l'échantillonnage, l'épandage nécessite un résultat en temps réel (**DGPS** ou **WADGPS**).

2 Élaboration d'un modèle numérique de terrain

Cartographier le relief du terrain permet de mieux gérer l'irrigation, le drainage, le nivellement et les zones à risque pour l'érosion et la pollution à l'intérieur d'un champ. Pour ce faire, une grande quantité de points sont relevés horizontalement et verticalement à l'aide du GPS. Une précision centimétrique étant requise pour ce genre de travaux, la méthode privilégiée est le positionnement **relatif post-traitement**. Les travaux sont généralement réalisés par un expert en géomatique ou par un arpenteur-géomètre. Le produit final est une carte numérique montrant le relief du terrain.

3 Cartographie et diagnostic à l'aide du GPS combiné aux SIG

Le GPS et les SIG (systèmes d'information géographique) sont deux outils géomatiques qui, utilisés conjointement, permettent de cartographier les champs agricoles et d'établir un diagnostic. Ce type d'application exige une correction différentielle en temps réel (DGPS). Le principe est le suivant : un micro-ordinateur est branché directement sur un GPS et affiche une carte, une photographie ou une image. De cette façon, l'utilisateur qui se déplace dans un champ obtient à l'écran un suivi dynamique de sa position donnée par le GPS.

Plusieurs agronomes utilisent cette technique pour identifier la cause des zones à problème observées sur des photos infrarouges (figure 7-A). La photo est d'abord numérisée, puis insérée dans un SIG. Une fois sur le terrain, l'agronome se déplace dans le champ en suivant sa position à l'écran. Lorsqu'il arrive à la zone identifiée comme étant à problème, il peut constater de visu le problème (figure 7-B) et poser le diagnostic approprié (figure 7-C). La même approche peut être utilisée avec les cartes de rendement pour se rendre dans les zones à faible rendement afin d'en évaluer la cause.

Actuellement, la plupart des services de cartographie de fertilité des sols utilisent la technologie du GPS combinée à celle des SIG pour le positionnement dirigé des échantillons de sol (*Directed Sampling*) en vue d'en faire la cartographie. Dans ce but, une grille d'échantillonnage (v.g. 100 m X 100 m) est superposée à une carte de fond (rendement, pédologie, photographie aérienne, etc.), à

l'intérieur d'un SIG. Le cartographe se dirige ensuite à chaque point de la grille, suivant sa position à l'écran, et recueille son échantillon qui sera analysé. Il est également possible de faire le suivi temporel de la fertilité des sols en retournant de façon précise, à différents moments, à un point déjà échantillonné.

ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

L'utilisation du GPS combiné aux capteurs de rendement s'avère des plus bénéfiques pour l'environnement. En effet, puisque le GPS permet de localiser les besoins en intrants pour chaque parcelle de terre, les quantités appliquées sont adéquates. Il n'y a donc pas de surplus. Par conséquent, moins d'engrais et de pesticides sont susceptibles d'atteindre les nappes d'eau.

ASPECTS ÉCONOMIQUES

En agriculture, les informations fournies par la technologie du GPS procurent une meilleure connaissance des champs. De ce fait, elles permettent de moduler l'épandage des engrais et des pesticides suivant les variations du sol. L'irrigation ou le drainage des champs peuvent aussi être mieux gérés. Les rendements des champs s'en trouvent uniformisés. Il s'ensuit souvent une augmentation de la productivité. Par ailleurs, les coûts de production sont réduits.

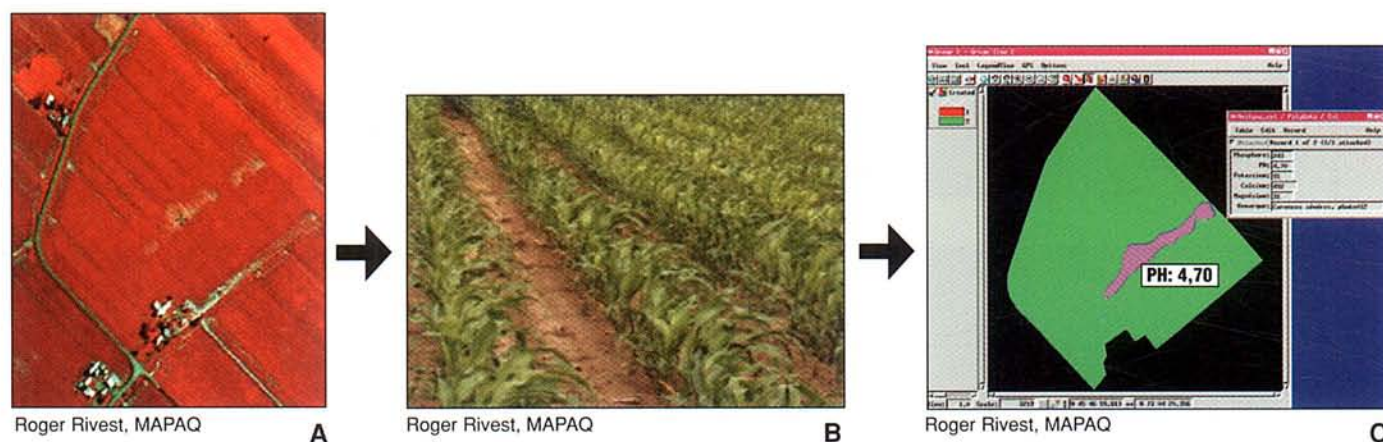


Figure 7 : Étapes décrivant l'identification de zones problématiques

CONCLUSION

De plus en plus de producteurs et de productrices agricoles prennent le virage de l'agriculture de précision. Au Québec, quelque 5 % des fermes utilisent déjà la technologie du GPS combinée aux capteurs de rendement, et le phénomène ne cesse de prendre de l'ampleur. En 1999, plus de 12 000 ha de terres agricoles ont été cartographiés à l'aide de cette technologie.

S'équiper d'un système GPS permet de tirer le maximum de chaque parcelle de terre cultivée. Étant optimale pour les grandes étendues, la technologie du GPS est particulièrement bien adaptée aux cultures céréalières. Cependant, un nombre croissant de producteurs et de productrices maraîchers ou de pommes de terre utilisent actuellement le GPS pour cartographier les rendements de leurs cultures ou pour effectuer des applications à taux variable de chaux, d'engrais ou de pesticides.

En agriculture de précision, le GPS offre la possibilité d'adapter la quantité d'intrants aux besoins de la culture à l'intérieur d'un champ. Les effets qui en découlent sont bénéfiques tant sur le plan environnemental qu'économique. Avec l'application sélective d'intrants, une augmentation et une uniformisation des rendements peuvent être observées dès l'année suivant le traitement variable.

Compte tenu de leur accessibilité, les modes DGPS et WADGPS constituent les méthodes GPS par excellence en agriculture de précision. Pour une précision centimétrique, il est cependant nécessaire d'utiliser le mode relatif post-traitement avec des récepteurs de type géodésique. Le tableau 2 présente une liste d'adresses de distributeurs de services et de produits GPS, ainsi que de sites où trouver des informations complémentaires, sur Internet.

Tableau 2 : Quelques adresses utiles sur Internet

Distributeurs :

Ashtech :	http://ashtech.com	A ¹
Garde côtière canadienne :	http://www.ccg-gcc.ca/tosd-dsto/awtj/principale.html	F ²
Division des levées géodésiques :	http://www.geod.emr.ca	F
Garmin :	http://www.garmin.com	A
Innotag :	http://innotag.com	F
Mobiway :	http://www.mobiway.com	F
NovAtel :	http://www.novatel.ca	A
Omnistar :	http://www.omnistar.com	A
RSD Technology :	http://www.rdstechology.hd.uk	A
Trimble :	http://www.trimble.com	A
ViaSat :	http://www.viasat.com	A

GPS :

GPS : mode d'emploi :	http://www.onf.fr/doc/documen/4/arbo/gps66/gpssom.htm	F
Le GPS :	http://www.lavoile.com/gps.htm	F
Revue GPS World:	http://www.gpsworld.com	A

1. A = Anglais 2. F = Français

RÉFÉRENCES

- BERGERON, MARCEL. 1993. Vocabulaire de la géomatique. Cahier de l'Office de la langue française, Les publications du Québec, 37 p.
- COMMISSION DE GÉOMATIQUE AGRICOLE ET AGRICULTURE DE PRÉCISION. (à paraître). Guide de géomatique agricole appliquée à l'agriculture de précision. Conseil des productions végétales du Québec inc.
- PANNETON, B. 1997. Système et récepteurs GPS. Actes du Colloque sur les nouvelles technologies en agriculture, Saint-Jean-sur-Richelieu, Le Centre de télédétection en agro-environnement, p. 14-22.
- RDS TECHNOLOGY. Le système d'agriculture de précision de RDS.
- SANTERRE, R. 1999. Positionnement par satellites GPS. Notes de cours. Département des sciences géomatiques, Université Laval.

NOTE

- Avant de recourir à la technologie du GPS, il serait toujours préférable de consulter un ou une spécialiste.
- La mention de distributeurs de services ou de produits dans cette fiche ne marque pas une préférence par rapport à d'autres distributeurs ou produits comparables.

AUTRES FICHES DÉJÀ PUBLIÉES DANS CETTE SÉRIE

VR 211	Adaptation du pulvérisateur pour la culture des pommes de terre, 4 pages (1997)	3,00 \$
VR 212	Lutte intégrée contre les charançons des racines dans la culture du fraisier, 6 pages (1997).	3,00 \$
VR 213	Stratégies de gestion intégrée des mauvaises herbes dans le maïs sucré, 4 pages (1997).	3,00 \$
VR 215	Valorisation agricole du compost de boues de fosses septiques, 4 pages (1997).	3,00 \$

• Les fiches de cette série sont ou ont été distribuées gratuitement en quantités limitées dans les bureaux régionaux du MAPAQ. Elles sont également vendues par le CPVQ.

• Pour de plus amples informations sur la façon de se procurer ces publications, veuillez consulter le bon de commande.

Rédaction :

Annie-Claude Parent, B. Sc. A.,
Université Laval

Coordination scientifique :

Alain A. Viau, Ph. D., professeur,
Centre de recherche en géomatique,
Université Laval

Révision des textes :

Lyne Lauzon, biol., CPVQ

Avec la participation de :

Johanne B. Boisvert, Ph. D.,
chercheuse, Agriculture et
Agroalimentaire Canada
Guy Forand, agr., directeur environ-
nement et nouvelles technologies,
Hydro Agri Canada Sec

Michel C. Nolin, Ph. D., chercheur,
Agriculture et Agroalimentaire
Canada

Camille Desmarais, géogr.,
M. Sc., conseiller en aménagement
rural, Direction régionale de la
Mauricie/Bois-Francs (secteur
Bois-Francs), MAPAQ

Éditeur :

CPVQ
200, chemin Sainte-Foy, 1^{er} étage
Québec (Québec) G1R 4X6
Téléphone : (418) 646-5766
Télécopieur : (418) 644-5944
Courriel : cpvq@cpvq.qc.ca
Site Internet : www.cpvq.qc.ca

Certaines informations contenues
dans cette fiche sont tirées du rapport
n° 23-810206-07041 du Programme
d'aide à l'innovation technologique de
l'Entente auxiliaire Canada-Québec
pour un environnement durable en
agriculture.

Ce rapport a été effectué par :
Pierre-Yves Gasser
Agri-Précision/Ag-Knowledge
C.P. 540, 15 B, chemin du Verger,
Chelsea (Québec) J0X 1N0

Vous pouvez vous procurer ce rap-
port en communiquant avec :
Danièle Pouliot, Direction de l'envi-
ronnement et du développement
durable, MAPAQ
Téléphone : (418) 380-2150 poste 3179
Télécopieur : (418) 380-2163

Le sommaire de ce rapport est acces-
sible sur le site Internet "Carrefour
virtuel de l'information agroalimen-
taire" à l'adresse suivante:
[www.geagri.qc.ca/programmes/
PLANVERT/](http://www.geagri.qc.ca/programmes/PLANVERT/)

**BON DE COMMANDE POUR LES PUBLICATIONS DU
CONSEIL DES PRODUCTIONS VÉGÉTALES DU QUÉBEC INC.**

[illegible]

Le CPVQ offre une collection de publications sur la plupart des sujets en productions végétales. Pour obtenir plus de détails sur l'ensemble de nos publications ou sur nos nouvelles parutions, veuillez communiquer avec notre **Service à la clientèle : (418) 523-5411** ou au **1 888 535-2537**.

Les taxes sont incluses dans le prix des publications. Les frais de port et de manutention pour toute livraison au Canada doivent être ajoutés au montant de la commande en fonction du montant total des achats. Ces frais sont de 1,00 \$ si le total des achats est de 6,00 \$ ou moins. Les frais sont de 2,00 \$ si le total des achats se situe entre 6,01 \$ et 18,99 \$, et de 3,00 \$ si le total des achats est de 19,00 \$ et plus.

Pour commander, veuillez remplir ce bulletin et l'accompagner d'un chèque ou d'un mandat-poste fait à l'ordre de DISTRIBUTION DE LIVRES UNIVERS.

Expédier le tout à : DISTRIBUTION DE LIVRES UNIVERS
845, rue Marie-Victorin
Saint-Nicolas (Québec) G7A 3S8

© Conseil des productions végétales du Québec inc., 2000
ISBN 2-89457-231-X

Dépôt légal-Bibliothèque nationale du Québec, 2000
Dépôt légal-Bibliothèque nationale du Canada, 2000

Pour commander par téléphone : (418) 831-7474,
sans frais : 1 800 859-7474, ou par télécopieur : (418) 831-4021.

MODE DE PAIEMENT

Pour votre sécurité, n'envoyez pas d'espèces par la poste.

- [illegible]

Numéro de la carte : _____

Date d'expiration : _____

Signature : _____

*S'il s'agit d'une MasterCard, vous devez indiquer
les trois derniers numéros spécifiés à l'endos de votre carte.*